



(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**
(10) **DE 101 23 232 A 1**

(51) Int. Cl.⁷:
H 01 L 23/31
H 01 L 23/18
H 01 L 25/07

DE 101 23 232 A 1

(21) Aktenzeichen: 101 23 232.2
(22) Anmeldetag: 12. 5. 2001
(43) Offenlegungstag: 21. 11. 2002

(71) Anmelder:
Infineon Technologies AG, 81669 München, DE

(74) Vertreter:
Westphal, Mussgnug & Partner, 80336 München

(72) Erfinder:
Miller, Gerhard, 86929 Penzing, DE

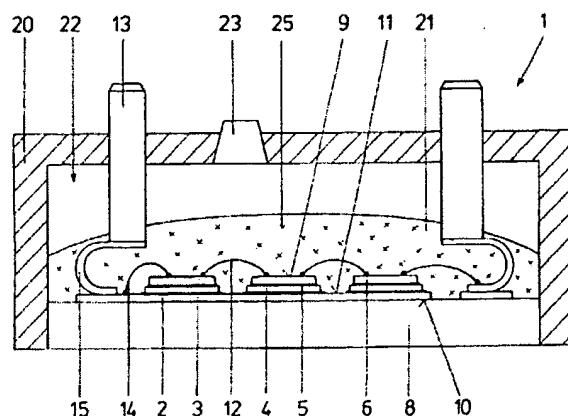
(56) Entgegenhaltungen:
DE 195 49 011 C2
DE 34 33 779 A1
US 50 60 114
EP 08 34 914 A2
EP 07 14 125 A2
WO 99 33 106

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) **Halbleitermodul**

(55) Die Erfindung betrifft ein Leistungshalbleiter-Modul mit einem Gehäuse, mit mindestens einem in dem Gehäuse angeordneten Halbleiterbauelement, mit einem Rahmen, der Leiterbahnen aufweist, mit denen das oder die Halbleiterbauelement(e) elektrisch leitend verbunden sind. Häufig weist das Halbleitermodul auch eine im Inneren des Gehäuses vorgesehene Vergussmasse, die auf das Halbleiterbauelement aufgebracht ist, auf. Erfindungsgemäß ist in der Vergussmasse und/oder im Material des Gehäuses ein Dämpfungsmaterial mit elektromagnetisch dämpfenden Eigenschaften vorgesehen.



DE 101 23 232 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Halbleiter-Modul der in den Oberbegriffen der Patentansprüche 1 und 8 genannten Art, das heißt ein Halbleitermodul mit einem Gehäuse, mit mindestens einem in dem Gehäuse angeordneten Halbleiterbauelement, mit einem Rahmen, der Leiterbahnen aufweist, mit denen der oder die Halbleiterbauelemente elektrisch leitend verbunden sind. Im Falle eines Halbleitermoduls weist dieses häufig eine im Inneren des Gehäuses vorgesehene Vergussmasse, die auf das Halbleiterbauelement aufgebracht ist, auf.

[0002] Ein solches Halbleitermodul kann beliebig ausgebildet sein, das heißt es kann sich hier um einen IGBT, einen MOSFET, einen J-FET, einen Thyristor oder dergleichen handeln, wobei hier auch ein diskretes Einzelhalbleiterbauelement. Der Aufbau und die Funktionsweise solcher Halbleitermodule ist vielfach bekannt, so dass hier auf eine detaillierte Beschreibung dieser Halbleitermodule verzichtet werden kann.

[0003] Im folgenden soll als Beispiel eines Halbleitermoduls von einem durch Feldeffekt gesteuerten Non-Punch-Through-IGBT – auch kurz als NPT-IGBT bezeichnet – ausgegangen werden, ohne jedoch die Erfindung auf dieses Halbleitermodul zu beschränken. Der Aufbau eines IGBTs im Allgemeinen und eines NPT-IGBTs im Speziellen ist beispielsweise in Jens Peer Stengl, Jenö Tihanyi, "Leistungsmos-FET-Praxis", Pflaum Verlag München, 1992, insbesondere auf den Seiten 101 bis 108, beschrieben.

[0004] Ein IGBT mit seinen heutigen elektrischen Eigenschaften eignet sich besonders vorteilhaft zum niederohmigen Schalten von hohen Spannungen im Bereich oberhalb 600 V bzw. hoher Ströme im Bereich von einigen hundert Ampere. Die anfänglichen Probleme bei IGBTs, nämlich deren Neigung zum thyristorartigen "Latch-Up-Effekt" bei hohen Strömen und bei hohen Temperaturen sowie deren Abschaltverhalten mit einhergehendem, sehr langem Tail-Strom sind bei heutigen IGBT-Halbleiterbauelementen weitestgehend beseitigt, so dass sich ein IGBT als nahezu idealer Schalter zum Schalten von hohen Spannungen und/oder hoher Strömen eignet.

[0005] Ein weiteres Problem bei IGBTs ergibt sich durch den unerwünschten Tail-Strom beim Abschalten des Halbleiterbauelementes. Will man den IGBT abschalten, müssen die Ladungsträger aus dem Substratbereich bzw. der Innenzone des IGBTs entfernt werden, bevor der IGBT seine volle Sperrfähigkeit wiederlangt. Dieser Ausräumvorgang macht sich durch einen Stromfluss nach dem Abschalten des Bauelements bemerkbar: man spricht von einem sogenannten Tail-Strom. In dieser sogenannten Tail-Phase der Strom-Spannungs-Kennlinie fließt noch ein Strom, obwohl schon die volle Sperrspannung am Bauelement anliegt. Dieser Tail-Strom ist zwar vergleichsweise gering, jedoch ist die aus dem Tail-Strom resultierende Verlustleistung aufgrund der sehr hohen an dem Halbleiterbauelement anliegenden Sperrspannung nicht zu vernachlässigen. Insbesondere bei sehr häufigen Schaltvorgängen resultiert aus dem Tail-Strom eine signifikante Verlustleistung.

[0006] Je nach gewünschtem IGBT-Bauelement können durch geeignete konstruktive Maßnahmen des IGBTs die Amplitude des Tail-Stromes sowie die Dauer der Tail-Phase weitestgehend minimiert werden, wodurch auch die genannten Leistungsverluste minimiert werden können.

[0007] IGBTs im Allgemeinen und insbesondere NPT-IGBTs neigen jedoch beim Abschalten zu Schwingungen in der Tail-Phase der Strom-Spannungs-Kennlinie. Diese Schwingungen entstehen dadurch, dass nach dem Ausräumen der in der Innenzone bzw. dem Substrat des IGBTs

noch vorhandenen Speicherladung und bei einem anliegenden elektrischen Feld immer noch eine Restladung in der Innenzone verbleibt. Diese Restladung verschwindet größtenteils zum einen durch Diffusion in die Raumladungszone und in den Rückseitenemitter und zum anderen durch Rekombination. Derjenige Teil der Ladungsträger, der in die Raumladungszone diffundiert und dort abgesaugt wird, wird durch das dort anliegende, sehr große elektrische Feld beschleunigt und am vorderseitigen Source-Kontakt abgegriffen. Die Dauer, die diese Ladungsträger für das Durchlaufen der Raumladungszone benötigen, wird als Transitzeit t_T bezeichnet und bestimmt sich aus

$$t_T = L_{RLZ} / V_s$$

wobei mit L_{RLZ} die Länge der Raumladungszone und mit V_s die Sättigungsgeschwindigkeit der Ladungsträger, das heißt die Geschwindigkeit, mit der die Ladungsträger die Raumladungszone durchlaufen, bezeichnet ist.

[0008] Diejenigen Ladungsträger, die von dem elektrischen Feld der Raumladungszone "abgesaugt" werden, bewirken somit einen feldinduzierten Strom. Dieser feldinduzierte Strom kann in der Außenbeschaltung des Halbleitermoduls, das heißt in den Bonddrähten, den Leiterbahnen, dem DCB-Substrat und dergleichen eine Spannungsüberhöhung verursachen. Äußert sich diese Spannungsüberhöhung derart, dass nach dem Durchlaufen der Ladungsträger durch die Raumladungszone das elektrische Feld in der Raumladungszone gerade phasenverschoben angehoben wird, so greift das so angehobene elektrische Feld in die am Rande des elektrischen Feldes bereitstehenden Ladungsträger ein, wodurch das dortige Ladungspaket in die Raumladungszone hineingezogen wird und so von dem elektrischen Feld abgesaugt wird. Passt die Laufzeitbedingung mit der jeweiligen, durch den Außenkreis verursachten Phasenverschiebung so zusammen, dass sich eine Phasenverschiebung von 180° ergibt, so kann sich eine hochfrequente Schwingung mit einer Periodendauer der zweifachen Laufzeit ausbilden. Für die Frequenz f dieser Schwingung gilt dann:

$$f = 1/2 t_T = V_s / 2L_{RLZ}$$

[0009] Man spricht hier von einer sogenannten feldinduzierten Laufzeitschwingung, die auf die Steueranschlüsse des Halbleitermoduls rückwirkt.

[0010] Die feldinduzierten Laufzeitschwingungen werden angeregt, wenn die Außenbeschaltung des Halbleitermoduls ungünstig ausgelegt ist bzw. wenn durch variierende Betriebsspannung eine entsprechende Schwingfrequenz angeregt wird. Eine ungünstige Auslegung der Außenbeschaltung kann beispielsweise durch eine symmetrische Anordnung der Bonddrähte, der Leiterbahnen und des DCB-Substrates erfolgen. Da es sich bei Verwendung von Halbleitermodulen mit Sperrspannungen im Bereich von ein oder mehreren Kilovolt um eine sehr hochfrequente Schwingung – im Bereich von einigen hundert Megahertz – handelt, ist bereits der Aufbau in der näheren Umgebung des Halbleiterbauelementes, wie zum Beispiel Bonddrähte, Leiterbahnen, Verbindungsleitungen parallel geschalteter Chips, DCB-Kupferstege und dergleichen, für die Ausbildung der feldinduzierten Laufzeitschwingungen relevant.

[0011] Der Innenkreis, der das Halbleiterbauelement zwischen dessen Elektrodenkontakten aufweist, und der Außenkreis, der die Außenbeschaltung des Halbleitermoduls enthält, wirken in diesem Fall als Schwingkreis und erzeugen eine feldinduzierte Laufzeitschwingung. Je nach Auslegung dieses Schwingkreises, die insbesondere von der Konstruktion des Außenkreises abhängt, ist die feldinduzierte Laufzeitschwingung mehr oder weniger gravierend.

[0012] Die Frequenz der feldinduzierten Laufzeitschwingung hängt von der an dem Halbleitermodul anliegenden Betriebsspannung ab, da die Länge der Raumladungszone direkt proportional zur Betriebsspannung ist. Die feldinduzierten Laufzeitschwingungen äußern sich durch den Tail-Strom überlagerte Spannungs- und Stromspitzen. Diese Spannungs- und Stromspitzen sind unerwünscht, da sie eine signifikante Erhöhung der Verlustleistung in der Tail-Phase nach sich ziehen.

[0013] Die feldinduzierten Laufzeitschwingungen führen neben einer erhöhten Verlustleistung auch zu einer signifikanten Erhöhung der EMV-Abstrahlung in der Tail-Phase.

[0014] Um das Problem der feldinduzierten Laufzeitschwingungen zu vermeiden bzw. weitestgehend zu verringern, wird typischerweise der Außenkreis des Schwingkreises entsprechend verstimmt bzw. gedämpft.

[0015] In dem Deutschen Patent DE 195 49 011 C2 ist ein gattungsgemäßes Halbleitermodul beschrieben, bei dem durch entsprechende Auslegung des Aufbaues des Halbleitermoduls und insbesondere durch Anordnung von Querbonds bei parallel geschalteten Halbleiterbauelementen eine Verstimmung des äußeren Schwingkreises und damit eine Reduzierung des Halbleitermoduls erreicht wird. Das Problem bei der dort beschriebenen Lösung besteht darin, dass zum einen das Vorsehen von eigens dafür vorgesehenen Querbonds, die benachbarte Halbleiterbauelemente miteinander elektrisch verbinden, einen zusätzlichen konstruktiven Aufwand erforderlich macht. Darüber hinaus ist die Anzahl und die genaue Anordnung der Querbonds innerhalb des Halbleitermoduls von Fall zu Fall an die jeweilige Konstruktion des Halbleitermoduls anzupassen und zu optimieren, was wiederum zusätzlichen Entwicklungsaufwand kostet.

[0016] Eine weitere, allgemein bekannte Möglichkeit für ein Verstimmen bzw. Dämpfen des Außenkreises kann durch Vorsehen unterschiedlich langer Bonddrähte, die benachbarte Halbleiterbauelemente miteinander verbinden, erreicht werden. Darüber hinaus sind auch Maßnahmen zur Einschnürung des DCB-Materials, auf dem die Halbleiterbauelemente angeordnet sind, denkbar.

[0017] Eine weitere, allgemein bekannte Maßnahme besteht in der Anordnung sogenannter Dämpfungsperlen, die an den Leiterbahnen, dem DCB-Substrat oder den Bonddrähten angeordnet sind. Diese Maßnahmen, die häufig bei Messapparaturen bzw. auch bei Hochspannungsleitungen verwendet werden, eignen sich jedoch kaum für den Einsatz bei Halbleitermodulen, da der dafür erforderliche, zusätzliche Montageaufwand die Verbesserung der elektrischen Eigenschaften diese Halbleitermoduls nicht rechtfertigt.

[0018] Ausgehend von der DE 195 49 011 C2 liegt der vorliegenden Erfahrung daher die Aufgabe zugrunde, ein gattungsgemäßes Halbleitermodul bereitzustellen, bei dem auf sehr einfache und kostengünstige Weise, aber nicht desto trotz sehr effektive Weise feldinduzierte Laufzeitschwingungen weitestgehend verringert werden.

[0019] Diese Aufgabe wird erfahrungsgemäß durch Halbleitermodule mit den Merkmalen der Patentansprüche 1 und 8 gelöst. Demgemäß ist ein gattungsgemäßes Halbleitermodul vorgesehen, das dadurch gekennzeichnet ist, dass in der Vergussmasse (Anspruch 1) und/oder im Material des Gehäuses (Anspruch 8) ein Dämpfungsmaterial mit elektromagnetisch dämpfenden Eigenschaften vorgesehen ist.

[0020] Unter einem Halbleitermodul im Allgemeinen und insbesondere unter einem Halbleitermodul gemäß Anspruch 8 sei jedoch nicht ausschließlich ein in Aufbautechnik hergestelltes Modul, in dem typischerweise mehrere Halbleiterchips von einem Gehäuse umhüllt werden, zu verstehen. Vielmehr sei hier unter Halbleitermodul auch ein diskretes

Einzelbauelement, welches von einem Gehäuse umhüllt wird, zu verstehen. Die Erfahrung ließe sich sogar auch auf eine wie auch immer ausgebildete integrierte Schaltung anwenden.

[0021] Der Grundgedanke der vorliegenden Erfahrung besteht in der Verwendung eines Dämpfungsmaterials mit elektromagnetisch dämpfenden Eigenschaften, welches den Außenschwingkreis des Halbleitermoduls verstimmt bzw. dämpft, so dass die durch den Außenschwingkreis hervorgerufenen, feldinduzierten Laufzeitschwingungen vermieden oder zumindest weitestgehend reduziert werden.

[0022] Das Dämpfungsmaterial kann in einer innerhalb des Gehäuses vorgesehenen Vergussmasse enthalten sein. Zusätzlich oder alternativ könnte das Dämpfungsmaterial auch im Material des Gehäuses enthalten sein. Das Vorsehen eines Dämpfungsmaterials in der Vergussmasse bzw. im Gehäuse stellt gegenüber den bisher bekannten Maßnahmen zur Reduzierung feldinduzierter Laufzeitschwingung eine sehr viel kostengünstigere Maßnahme dar. Das Dämpfungsmaterial kann vorteilhafterweise bereits dem Material der Vergussmasse bzw. des Gehäuses beigemengt werden, so dass hier kein zusätzlicher Prozessschritt erforderlich ist.

[0023] Die das Dämpfungsmaterial enthaltende Vergussmasse ist typischerweise sehr viel weicher als das Material des Gehäuses, in dem es angeordnet ist. Die Vergussmasse wird daher häufig als Weichverguss und die darüber befindliche harte Vergussmasse als Hartverguss bezeichnet. Als Vergussmasse wird typischerweise eine gelartige Substanz, insbesondere ein Silicon-Gel verwendet. Die Hauptanforderung einer Vergussmasse besteht in der Isolation und der Passivierung der innerhalb des Gehäuses angeordneten Halbleiterbauelemente sowie der entsprechenden Bonddrähte und Leiterbahnen, die ohne die Vergussmasse weitestgehend ungeschützt freiliegen würden und somit der Gefahr von mechanischen Schäden oder einem Kurzschluss ausgesetzt wären.

[0024] In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung ist die Vergussmasse zumindest zweischichtig ausgebildet. Eine erste Schicht wird in bekannter Art und Weise direkt auf das Halbleiterbauelement aufgebracht und weist kein Dämpfungsmaterial auf. Auf die erste Schicht wird eine zweite Schicht, die das Dämpfungsmaterial enthält, aufgebracht. Auf diese Weise kann die Wirkung des Dämpfungsmaterials, das heißt die Art und Weise der Verstimmung, an das jeweilige Halbleitermodul gezielt angepasst und optimiert werden.

[0025] Bei Verwendung einer Vergussmasse ist das Gehäuse typischerweise zumindest zweiteilig ausgebildet und weist einen Gehäuserahmen zur Aufnahme der Vergussmasse auf. Nach dem Aushärten der Vergussmasse wird typischerweise ein auf den Gehäuserahmen aufsetzbarer Gehäusedeckel aufgesetzt.

[0026] Alternativ könnte das Gehäuse selbstverständlich auch einstückig ausgebildet sein. Im Falle der Verwendung einer Vergussmasse könnte dann das Gehäuse beispielsweise lediglich aus einem Gehäuserahmen bestehen. Die meisten einstückig ausgebildeten Gehäuse umschließen jedoch die darin eingebetteten Halbleiterbauelemente vollständig und werden beispielsweise durch Spritzguss erzeugt.

[0027] In einer sehr vorteilhaften Ausgestaltung ist das Dämpfungsmaterial sowohl in der Vergussmasse als auch im Gehäuse angeordnet.

[0028] Als Dämpfungsmaterial wird typischerweise ein magnetisches und/oder ein metallisches Material verwendet. Im Falle eines metallischen Dämpfungsmaterials, sollte dieses möglichst nicht in direkten Kontakt mit dem Halbleiterbauelement bzw. den Leiterbahnen und den Bonddrähten

geraten, da sonst die Gefahr eines Kurzschlusses zwischen den Bonddrähten bzw. den Leiterbahnen bestünde. Der Vorteil bei Verwendung eines magnetisch wirkenden Dämpfungsmaterials besteht darin, das dieses dem Schwingkreis Energie entzieht und somit die unerwünschten Schwingungen weitestgehend dämpft.

[0029] Typischerweise wird als Dämpfungsmaterial ein Pulver verwendet, das dem Material der Vergussmasse und/oder dem Material des Gehäuses beigemengt ist. Als Dämpfungsmaterial eignet sich besonders vorteilhaft ein Ferritpulver. Ferritpulver ist zwar an sich ein gebräuchliches, leitfähiges Material, jedoch ist eine Vergussmasse, bestehend aus Silicon-Gel und Ferritpulver, nicht leitfähig. Damit bleibt die nicht-leitende Charakteristik des Silicon-Gels weiterhin erfüllt, dass heißt auch durch die Beimengung des Ferritpulvers weist die Vergussmasse eine sehr große Spannungsfestigkeit auf.

[0030] Neben der Verwendung von Ferritpulver könnte das Dämpfungsmaterial natürlich auch andere Materialien, wie zum Beispiel Kobalt oder Nickel enthalten. Bei Verwendung von metallischen Dämpfungsmaterialien sollten diese vorteilhafterweise entweder dem Material des Gehäuses beigemengt sein. Zusätzlich oder alternativ könnten diese Materialien bei einer zweischichtig ausgebildeten Vergussmasse auch dem Material der oberen Schicht, die nicht in direktem Kontakt mit den Bonddrähten, den Halbleiterbauelementen und den Leiterbahnen steht, beigemengt sein.

[0031] In einer typischen Ausgestaltung umhüllt die das Dämpfungsmaterial enthaltende Vergussmasse die innerhalb des Gehäuses angeordneten Leiterbahnen und Halbleiterbauelemente sowie Verbindungsleitungen zwischen Leiterbahnen und Halbleiterbauelementen vollständig oder bedeckt diese zumindest.

[0032] Die Erfindung eignet sich besonders für Halbleitermodule mit durch Feldeffekt gesteuerten Halbleiterbauelementen, insbesondere mit Leistungshalbleiterbauelementen. Die Erfindung eignet sich besonders vorteilhaft bei als IGBTs und insbesondere als NPT-IGBTs ausgebildeten Leistungshalbleiterbauelementen. Jedoch ist die Erfindung auch sehr vorteilhaft bei MOSFETs, Thyristoren, J-FETs und dergleichen anwendbar.

[0033] Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Erfindungsgedankens sind den weiteren Unteransprüchen sowie der Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnung entnehmbar.

[0034] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den Figuren der Zeichnung angegebenen Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigt dabei:

[0035] Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Halbleitermoduls;

[0036] Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Halbleitermoduls;

[0037] Fig. 3 ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Halbleitermoduls;

[0038] Fig. 4 ein viertes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Halbleitermoduls;

[0039] Fig. 5 ein fünftes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Halbleitermoduls.

[0040] In allen Figuren sind gleiche bzw. funktionsgleiche Elemente – sofern nichts anderes angegeben ist – mit gleichen Bezugszeichen versehen.

[0041] Fig. 1 zeigt in einem Querschnitt den prinzipiellen Aufbau eines Halbleitermoduls 1. Das Halbleitermodul 1 besteht aus einem strukturierten Metallträgerrahmen 2 – beispielsweise aus Kupfer. Der Metallträgerrahmen 2 weist eine untere Oberfläche 10 und eine obere Oberfläche 11, auf der die Keramiksubstrate 4 aufgebracht sind, auf. Der Metallträgerrahmen 2 liegt mit seiner unteren Oberfläche 10 auf

einem Kühlkörper 8 auf und ist über in Fig. 1 nicht dargestellte Schrauben auf den Kühlkörper 8 aufgeschraubt. Der Kühlkörper 8 fungiert als Bodenplatte für das Halbleitermodul 1.

[0042] Auf der oberen Oberfläche 11 sind mittels einer Weichlotsschicht 3 drei Keramiksubstrate 4 aufgebracht, wobei benachbarte Keramiksubstrate 4 voneinander beabstandet sind. Die Keramiksubstrate 4 sind elektrisch isolierend und thermisch gut leitfähig und bestehen typischerweise aus Aluminiumoxidkeramik (Al_2O_3 -Keramik) oder Aluminiumnitritkeramik (AlN-Keramik). Mittels einer weiteren Lotschicht 5 werden die eigentlichen Halbleiterbauelemente 6 auf den Keramiksubstraten 4 festgelegt. Es sei angenommen, dass die Halbleiterbauelemente 6 als NPT-IGBTs ausgebildet sind. Die Oberseiten 9 der Halbleiterbauelemente 6 sind typischerweise über Bondverbindungen 12 elektrisch miteinander verbunden.

[0043] Das Halbleitermodul 1 weist ferner mehrere Außenanschlüsse 13, die aus dem Gehäuse 20 des Halbleitermoduls 1 herausragen, auf. Diese Außenanschlüsse 13 sind typischerweise über Blechverbindungsleitungen 15, die über die weiteren Bonddrähte 14 mit den Halbleiterbauelementen 6 verbunden sind, mit dem Metallträgerrahmen 2 elektrisch leitend verbunden.

[0044] Ferner ist ein Gehäuse 20 vorgesehen, welches die Bodenplatte 8 formschlüssig derart umrahmt, dass die auf der Oberseite der Bodenplatte 8 angeordneten Metallträgerrahmen 2, Keramiksubstrate 4, Halbleiterbauelemente 6 und Bonddrähte 12, 14 vollständig von dem Gehäuse 20 umhüllt werden. Im Beispiel in Fig. 1 ist das Gehäuse 20 einstückig ausgebildet und kann beispielsweise über Schraubverbindungen mit der Bodenplatte 8 verbunden sein. Im Inneren 22 des typischerweise aus Kunststoff bestehenden Gehäuses 20 ist eine Vergussmasse 21 vorgesehen. Die Vergussmasse 21 ist weicher als das Material des Gehäuses 20 und wird typischerweise über einen in der Gehäusewand vorgesehenen Füllstutzen 23 flüssig in das Gehäuseinnere 22 eingefüllt. Auf diese Weise wird gewährleistet, dass bei ausreichend großem Volumen der in das Gehäuse 20 gefüllten Vergussmasse 21 die Halbleiterbauelemente 6, der Metallträgerrahmen 2 sowie die Bonddrähte 12, 14 vollständig von der Vergussmasse überdeckt werden. Nach dem Einbringen der Vergussmasse 21 kann diese beispielsweise durch geeignete Temperaturbehandlung ausgehärtet werden.

[0045] Als Vergussmasse 21 sollte ein Material verwendet werden, welches vor dem Einbringen in das Innere des Halbleitermoduls 1 möglichst dünnflüssig ist und welches nach der Temperaturbehandlung eine harte bzw. möglichst zähflüssige Konsistenz derart aufweist, dass es auf der zur Gehäuseinneren 22 gerichteten Seite der Bodenplatte 8 fest haften bleibt. Die Vergussmasse 21 sollte darüber hinaus aus einem möglichst gut isolierenden und somit durchschlagfesten Material bestehen, um einen Kurzschluss zwischen den elektrischen Verbindungen 2, 12, 14, 15 im Gehäuseinneren 22 zu vermeiden. Darüber hinaus sollte für die Vergussmasse 21 ein thermisch möglichst gut leitfähiges Material verwendet werden. Aufgrund seiner guten Verarbeitbarkeit sowie seiner hervorragenden Isolationseigenschaften eignet sich hierfür besonders vorteilhaft Silicon-Gel.

[0046] Erfindungsgemäß ist nun der Vergussmasse 21 ein Dämpfungsmaterial 25 beigemengt worden. Die Elemente des Dämpfungsmaterials sind in Fig. 1 mit Kreuzen 25 angedeutet worden. Es sei angenommen, dass als Dämpfungsmaterial 25 ein Ferritpulver verwendet wird, welches dem Silikon-Gel der Vergussmasse 21 beigemengt wurde.

[0047] Die Fig. 2 bis 4 zeigen drei weitere Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Halbleitermoduls.

[0048] Fig. 2 unterscheidet sich von Fig. 1 dadurch, dass

das Gehäuse 20 zweistückig ausgebildet ist und einen seitlichen Gehäuserahmen 26 sowie einen auf dem Gehäuserahmen 26 aufsteckbaren Gehäusedeckel 27 aufweist. Der Vorteil einer solchen Anordnung besteht in der besseren Fertigbarkeit des erfundungsgemäßen Halbleitermoduls 1. Insbesondere ist für das Einfüllen der Vergussmasse 21 kein eigens dafür vorgeschener Füllstutzen 23 erforderlich, da die Vergussmasse 21 in das Gehäuseinnere 22 direkt einfüllbar ist, bevor der Gehäusedeckel 27 aufgesetzt wird. Die Vergussmasse 21 kann daher zähflüssiger sein, als im Ausführungsbeispiel in Fig. 1, bei dem lediglich ein kleiner Einfüllstutzen 23 vorhanden ist. Bei dem Ausführungsbeispiel in Fig. 2 lässt sich die Vergussmasse 21 darüber hinaus vorteilhafterweise direkt austüren, indem sie beispielsweise direkt wärmebestrahlt wird. Im Gegensatz dazu kann die Vergussmasse 21 im Ausführungsbeispiel in Fig. 1 nur indirekt, durch Erwärmung des gesamten Halbleitermoduls 1, ausgehärtet werden.

[0049] Fig. 3 unterscheidet sich von dem Ausführungsbeispiel in Fig. 2 dadurch, dass das Gehäuse 20 einstückig ausgebildet ist und lediglich aus dem seitlichen Gehäuserahmen 26 besteht, das heißt es ist hier, im Gegensatz zum Ausführungsbeispiel in Fig. 2, kein Gehäusedeckel 27 erforderlich. Dieses Ausführungsbeispiel ist insbesondere aus Kostengründen von Vorteil und ist besonders für solche Anwendungen geeignet, bei denen das Gehäuse 20 keiner allzu großen mechanischen Belastung ausgesetzt ist. Jedoch sollte bei einem solchen Halbleitermodul 1 eine möglichst gut austürende Vergussmasse 21 verwendet werden.

[0050] Fig. 4 unterscheidet sich von dem Ausführungsbeispiel in Fig. 2 dadurch, dass die Vergussmasse 21 aus zwei Schichten 28, 29 besteht. Die erste, untere Schicht 28 sollte dabei den Metallträgerrahmen 2 und die darauf aufgebrachten Halbleiterbauelemente 6 sowie vorteilhafterweise auch die Bondverbindungen 12, 14 vollständig bedecken. Die erste Schicht 28 weist jedoch kein Dämpfungsmaterial 25 auf. Die auf der ersten Schicht 28 aufgebrachte zweite, obere Schicht 29 weist hingegen erfundungsgemäßes Dämpfungsmaterial 25 auf.

[0051] Fig. 5 unterscheidet von dem Ausführungsbeispiel in Fig. 1 dadurch, dass hier im Inneren des Halbleitermoduls zwar eine Vergussmasse 21 vorgesehen ist, diese jedoch kein Dämpfungsmaterial enthält. Das erfundungsgemäß Dämpfungsmaterial 25 ist hier im Material des Gehäuses 20 enthalten, was in Fig. 5 wiederum mit Kreuzen angedeutet ist. Es wäre selbstverständlich auch denkbar, dass auch in den Ausführungsbeispielen der Fig. 1 bis 4 dem Gehäusematerial ein Dämpfungsmaterial 25 beigemengt ist.

[0052] In den vorliegenden Ausführungsbeispielen enthält das Halbleitermodul drei auf jeweils einem Chip angeordnete Halbleiterbauelemente 6, jedoch sei die Erfindung auch sehr vorteilhaft bei mehr oder weniger Halbleiterbauelementen 6, die von demselben Halbleitermodul 1 umhüllt sind, denkbar. Darüber hinaus kann die Erfindung im Rahmen des fachmännischen Handelns in beliebiger Art und Weise modifiziert werden. Insbesondere kann beispielsweise auf das Vorsehen einer als Kühlkörper 8 ausgebildeten Bodenplatte und/oder eines Keramiksubstrates 4 verzichtet werden. In diesem Falle könnten beispielsweise die Halbleiterbauelemente 6 direkt auf einem metallischen Träger bzw. auf den Leiterbahnen einer Platine aufgebracht werden.

[0053] In den vorliegenden Ausführungsbeispielen wurde das Halbleitermodul 1 in entsprechender Aufbautechnik dargestellt, das heißt hier wird das fertige Gehäuse 20 über die Bodenplatte 8 aufgesteckt bzw. aufgeschraubt. Jedoch könnte das Gehäuse 20 beispielsweise auch durch Spritztechnik oder dergleichen in einem Stück hergestellt worden sein.

[0054] Die Erfindung wurde entsprechend der vorstehenden Beschreibung anhand eines Halbleitermoduls mit mehreren einzelnen Halbleiterbauelementen (Chips) beschrieben. Als Halbleitermodul kann jedoch – wie bereits eingangs erwähnt – auch ein diskretes Einzelhalbleiterbauelement oder ein einzelner Chip verstanden werden. Auf eine detaillierte Beschreibung eines solchen diskreten Halbleiterbauelementes wurde jedoch verzichtet, da ein Fachmann ausgehend von einem Halbleitermodul die Erfindung auch sehr leicht auf ein diskretes Halbleiterbauelement erweitern könnte. Im Falle eines diskreten Halbleiterbauelementes besteht das Gehäuse typischerweise aus einem Stück. Ein solches einstückiges Gehäuse besteht beispielsweise aus einer bekannten Pressmasse bzw. einer Moldmasse (Mold-Compound). Solche Halbleiterbauelemente weisen typischerweise keine Vergussmasse auf, da dies technologisch sehr aufwendig wäre. Jedoch ist hier in dem Material des Gehäuses das erfundungsgemäß Dämpfungsmaterial eingebracht. Die Erfindung ließe sich auch auf eine wie auch immer ausgestaltete integrierte Schaltung erweitern, wenngleich sie bei einem Leistungshalbleitermodul am effektivsten anwendbar ist.

[0055] Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass auf sehr einfache und kostengünstige, aber nichts desto trotz sehr effektive Weise ein Halbleitermodul bereitgestellt werden kann, bei dem über ein Dämpfungsmaterial im Inneren des Halbleitermoduls unerwünschte feldinduzierte Laufzeitenschwingungen weitestgehend vermieden bzw. im Idealfall sogar ganz beseitigt werden können.

Bezugszeichenliste

- 1 Halbleitermodul
- 2 Metallträgerrahmen
- 3 (Weich-)Lotschicht
- 4 Keramiksubstrat
- 5 (weich-)Lotschicht
- 6 Halbleiterbauelement
- 8 Bodenplatte, Kühlkörper
- 9 Oberseite eines Halbleiterbauelementes
- 10 untere Oberfläche des Metallträgerrahmens
- 11 obere Oberfläche des Metallträgerrahmens
- 12, 14 Bondverbindungen
- 13 Außenanschlüsse
- 15 Blechverbindungsleitungen
- 20 Gehäuse
- 21 Vergussmasse
- 22 Gehäuseinnernes
- 23 Füllstutzen
- 25 Dämpfungsmaterial
- 26 seitlicher Gehäuserahmen
- 27 Gehäusedeckel
- 28 erste Schicht der Vergussmasse
- 29 zweite Schicht der Vergussmasse

Patentansprüche

1. Halbleiter-Modul (1)
mit einem Gehäuse (20),
mit mindestens einem in dem Gehäuse (20) angeordneten Halbleiterbauelement (6),
mit einem Rahmen (2), der Leiterbahnen (2) aufweist,
mit denen der oder die Halbleiterbauelemente (6) elektrisch leitend verbunden sind,
mit einer im Inneren (22) des Gehäuses (20) vorgesehenen Vergussmasse (21), die auf das Halbleiterbauelement (6) aufgebracht ist,
dadurch gekennzeichnet,

dass in der Vergussmasse (21) ein Dämpfungsmaterial (25) mit elektromagnetisch dämpfenden Eigenschaften vorgesehen ist.

2. Halbleitermodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Dämpfungsmaterial (25) sowohl in dem Material des Gehäuses (20) als auch in der Vergussmasse (21) enthalten ist.

3. Halbleitermodul nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Material der Vergussmasse (21) weicher ist als das Material des Gehäuses (20).

4. Halbleitermodul nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Vergussmasse (21) eine gelartige Substanz, insbesondere ein Silicon-Gel, vorgesehen ist.

5. Halbleitermodul nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vergussmasse (21) zumindest zweischichtig ausgebildet ist, wobei eine erste Schicht (28) das oder die Halbleiterbauelemente (6) bedeckt und wobei mindestens eine zweite Schicht (29) an die erste Schicht (28), jedoch nicht an das oder die Halbleiterbauelemente (6) angrenzt und das Dämpfungsmaterial (25) enthält.

6. Halbleitermodul nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die das Dämpfungsmaterial (25) enthaltende Vergussmasse (21) die innerhalb des Gehäuses (20) angeordneten Leiterbahnen (2) und Halbleiterbauelemente (6) sowie die die Leiterbahnen (2), Halbleiterbauelemente (6) und aus dem Gehäuse (20) herausragenden Ausgangsleitungen (13) elektrisch verbindenden Verbindungsleitungen (12, 14, 15) vollständig umhüllt oder zumindest bedeckt.

7. Halbleitermodul nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (20) aus einem Gehäuserahmen (26) zur Aufnahme der Vergussmasse (21) und aus einem auf den Gehäuserahmen (26) aufsetzbaren Gehäusedeckel (27) besteht.

8. Halbleitermodul mit einem Gehäuse (20),
mit mindestens einem in dem Gehäuse (20) angeordneten Halbleiterbauelement (6),
mit einem Rahmen (2), der Leiterbahnen (2) aufweist,
mit denen der oder die Halbleiterbauelemente (6) elektrisch leitend verbunden sind,
dadurch gekennzeichnet,

dass im Material des Gehäuses (20) ein Dämpfungsmaterial (25) mit elektromagnetisch dämpfenden Eigenschaften vorgesehen ist.

9. Halbleitermodul nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (20) einstückig ausgebildet ist.

10. Halbleitermodul nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Dämpfungsmaterial (25) magnetisch und/oder metallisch ist.

11. Halbleitermodul nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Dämpfungsmaterial (25) ein Pulver vorgesehen ist, das dem Material der Vergussmasse (21) und/oder dem Material des Gehäuses (20) beigegeben ist.

12. Halbleitermodul nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Dämpfungsmaterial (25) ein Ferritpulver ist.

13. Halbleitermodul nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Dämpfungsmaterial (25) Kobalt und/oder Nickel enthält.

14. Halbleitermodul nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbleiter-

modul als Leistungshalbleitermodul ausgebildet sind und das oder die Halbleiterbauelemente (6) als feldefektgesteuerte Halbleiterbauelemente (6), insbesondere als feldefektgesteuerte Leistungshalbleiterbauelemente (6), ausgebildet sind.

15. Halbleitermodul nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das oder die Halbleiterbauelemente (6) als IGBTs, insbesondere als NPT-IGBTs, ausgebildet sind.

16. Halbleitermodul nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbleitermodul als diskretes Halbleiterbauelement ausgebildet ist.

17. Halbleitermodul nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse des diskreten Halbleiterbauelementes eine Pressmasse oder eine Moldmasse enthält.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG 1

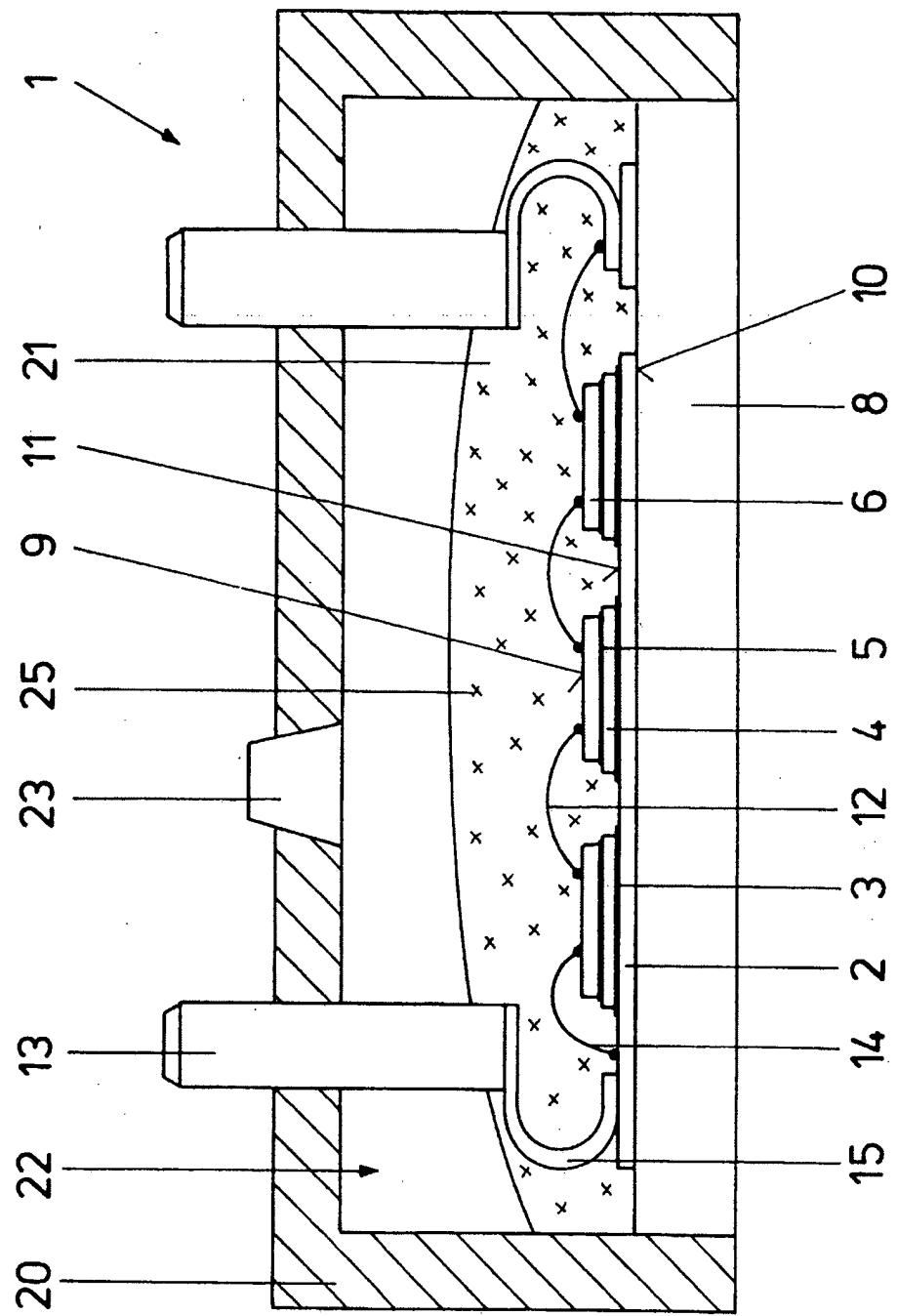


FIG 2

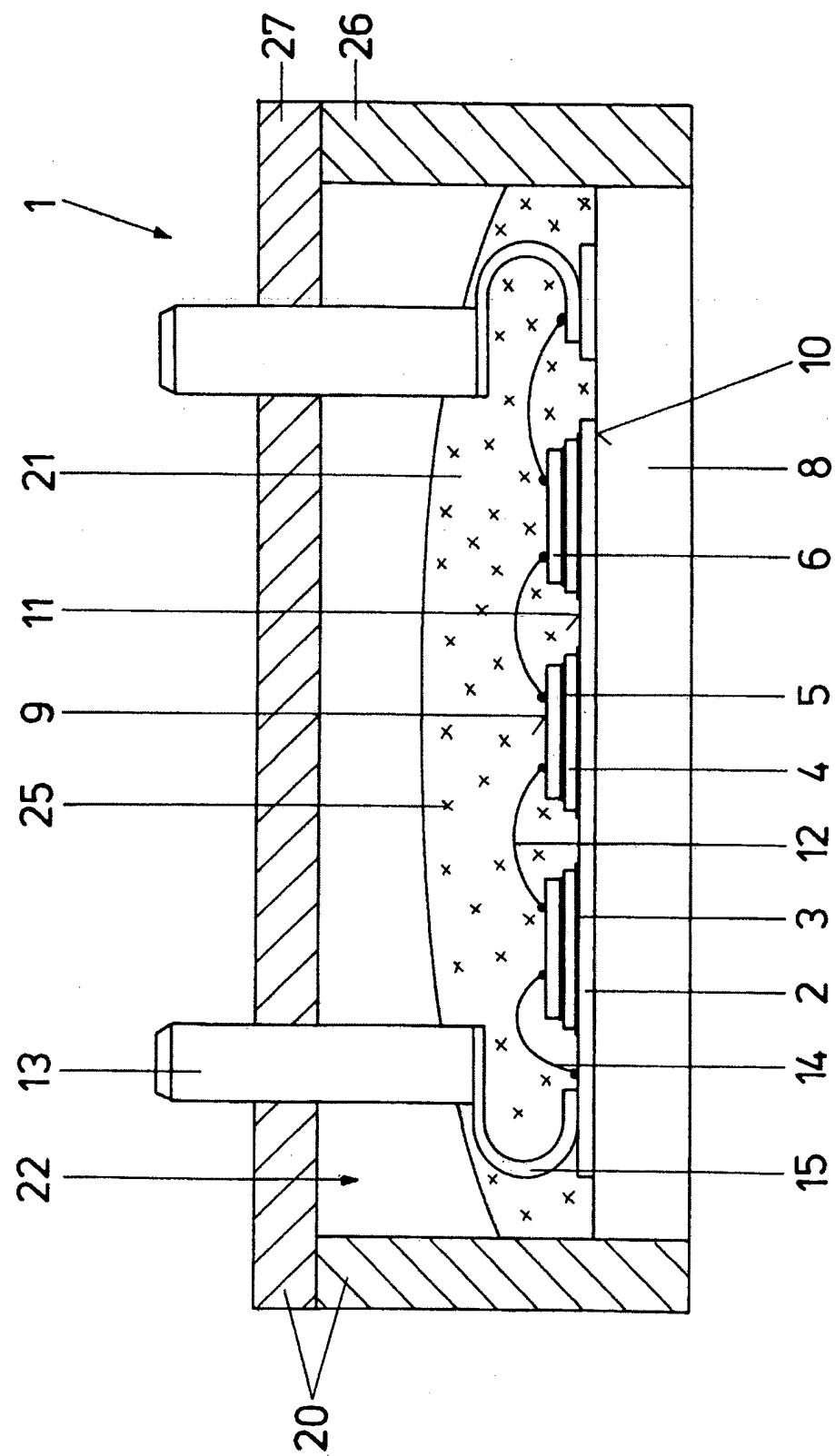


FIG 3

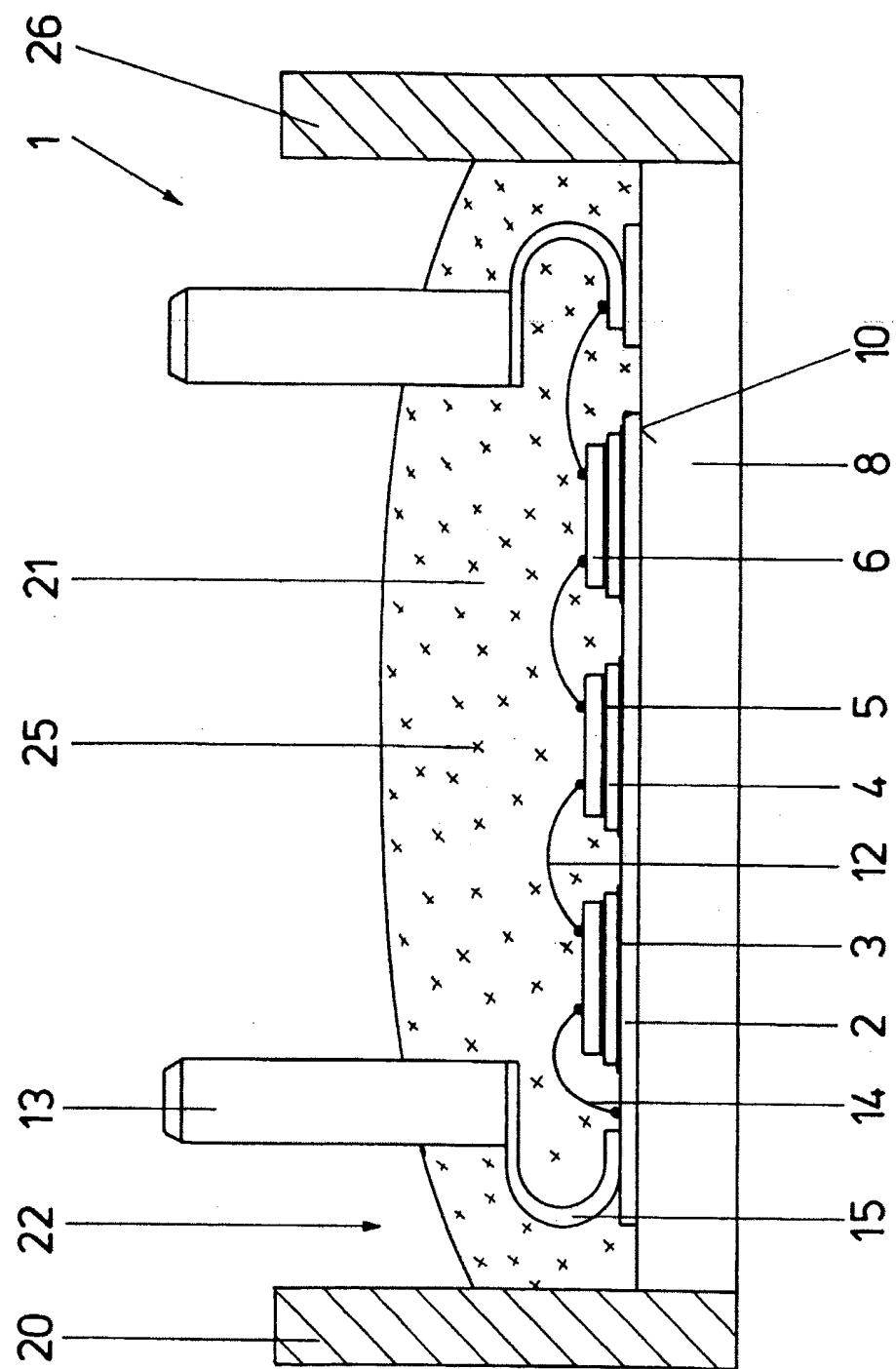


FIG 4

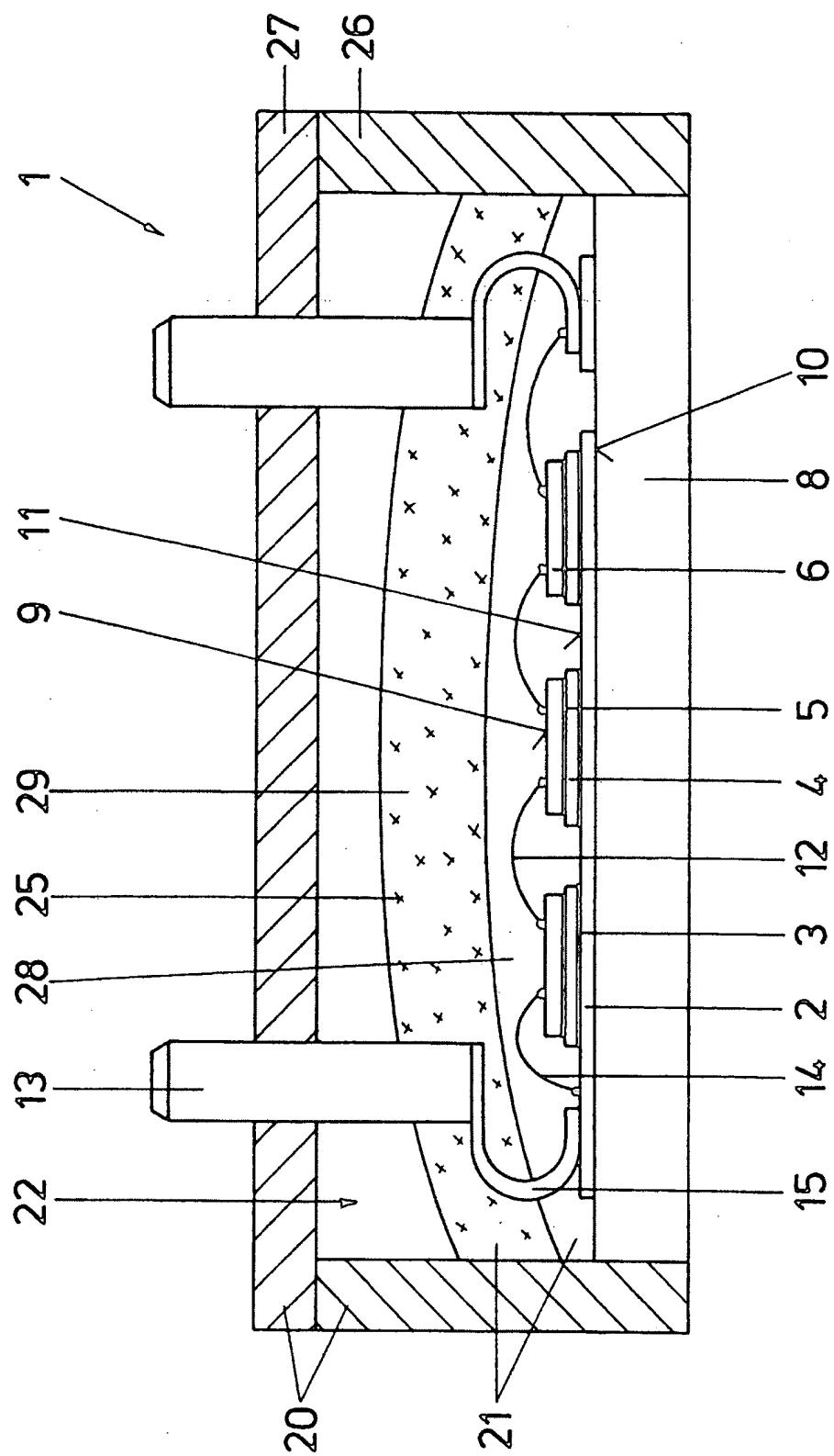


FIG 5

